

**Uwe-Carsten Zehl/ Hannes Kratzer**

## **Blickbewegungsuntersuchungen im Segelflug unter dem Aspekt der Handlungszuverlässigkeit von Segelflugpiloten**

### **Zusammenfassung**

Blickbewegungsuntersuchungen haben in den letzten Jahren in erheblichen Maße dazu beigetragen, relevante Aspekte der Handlungsregulation aufzuklären und damit für die Praxis wesentliche Erkenntnisse geliefert, die zur Optimierung von Arbeitstätigkeiten (einschließlich Bedienelementen) und Ausbildungsprogrammen geführt haben. Auch im Bereich des Sportes liegen Arbeiten vor, in denen mit Hilfe entsprechender Untersuchungen besonders in technisch-taktischen Sportarten eine Effektivierung des Trainings erreicht wurde.

In der vorliegenden Pilotuntersuchung werden Piloten während des gesamten Fluges beobachtet, die Augenbewegungen sowie Folgereaktionen aufgezeichnet und analysiert.

Damit werden wesentliche Informationen (Fixationszeiten und Fixationshäufigkeiten) und deren Einfluss auf die individuelle Handlungsstrategie des Piloten erfasst und die Ableitung wesentlicher Erkenntnisse für die Erhöhung der Handlungszuverlässigkeit und für die Verbesserung der Ausbildung von Sportpiloten ermöglicht.

### **Summary**

In the previous years visual motion investigations have contributed alot to the enlightenment of relevant aspects of the regulation of actions. It has thus, supplied essential findings for practice which were leading to the optimization of the work activities (including control elements) and the instructional programs. There are also papers in the field of sports where, with the help of appropriate inve-

stigations, training was made more effective, especially in the technical-tactical sports. In the present pilot investigation, pilots are observed during the whole flight, their eye movements with following reactions are recorded and analyzed. Thus, essential information (times and frequency fixation) and its influence on the pilot's individual action strategy are recorded. Then deductions for the improvement of the action reliability and the training of sports pilots are made possible.

**Schlagworte:** Segelflug, Blickbewegung, Blickfixation, Handlungszuverlässigkeit

gliding, visual motion, visual fixation, action reliability

## 1. Vorbemerkungen

Verfolgt man das Unfallgeschehen der letzten Jahre im Segelflug, so muss man leider feststellen, dass in bestimmten Bereichen des Fluges eine Zunahme von Unfällen zu verzeichnen ist. Kollisionen zwischen Segelflugzeugen in der Luft sowie ernstere Zwischenfälle bei Außenlandungen von Segelflugzeugen nach Streckenflügen sind keine Seltenheit mehr. Ist diese Tendenz auf die Unaufmerksamkeit von Sportpiloten zurückzuführen oder ist das Problem in anderen Bereichen unserer Ausbildung zu suchen? Liegt es gar an der Überinstrumentierung unserer Segelflugzeuge und der damit verbundenen Miniaturisierung bestimmter Anzeige- und Bedienelemente? Haben die Piloten während des Fluges heute mehr und differenziertere Aufgaben zu lösen? Sind die Piloten mit ihren neuen Fluginstrumenten wie Segelflugrechner oder mit den neuen Navigationsgeräten (GPS) so beschäftigt, dass eine Ablenkung vom eigentlichen Fluggeschehen die Folge ist? Eine Verschiebung der Aufmerksamkeitsverteilung zu ungunsten der notwendigen Luftraumbeobachtung könnte das Resultat sein. Die Folgen liegen auf der Hand. In bestimmten Flugsituationen wäre eine derartige Änderung und Verschiebung der Aufmerksamkeitsverteilung mit einem hohen Sicherheitsrisiko für den Piloten verbunden (vgl. KRATZER 1993).

Die vorliegende Pilotstudie versucht zumindest einige der o.g. Fragen zu beantworten. Mit der eingesetzten Meßmethode ist es möglich, den Piloten während des gesamten Fluges zu beobachten und zusätzlich seine Augenbewegungen sowie seine Folgeaktionen aufzuzeichnen und zu analysieren. In das durch eine Videokamera aufgenommene Realbild wird die Blickbewegung (Augenbewegung) des Piloten eingespiegelt aufgezeichnet und Bild für Bild von einem Computer ausgewertet. Damit ist es erstmals möglich, die Handlungsabläufe des Piloten unmittelbar zu verfolgen und nach dem Flug mit Unterstützung des Piloten eine Analyse in Form eines Rebriefings durchzuführen.

## **2. Problemstellung**

Nach allgemeinen Berechnungen laufen etwa 80 % aller Informationen, die der Mensch aufnimmt, über den optischen Analysator. Mit der Entwicklung moderner Erfassungsmethoden tritt die systematische Erforschung der Augenbewegung zunehmend in den Brennpunkt wissenschaftlichen und auch unmittelbar sportpraktischen Interesses (vgl. ANDREJEWA, E. A. et al. 1979; SCHUBERT/ ZEHL 1983; SPOHD 1997).

Die mit einer relativ aufwendigen Blickmesseinrichtung durchgeführten Untersuchungen erlauben die bisher der Selbst- und Fremdbeobachtung nicht zugänglichen Vorgänge der Informationsaufnahme und -verarbeitung über die Blickbewegung des Auges in der sportlichen Tätigkeit zu erfassen (z.B. Erkennen kritischer Flugzustände durch Beobachtung der Fluginstrumente, Strategie des Orientierungsverhaltens im Kabineninnenbereich sowie der Luftraumbeobachtung).

Die Untersuchung der vom Piloten erfassten Informationen und deren Einfluss auf die individuelle Handlungsstrategie erlaubt die Ableitung wesentlicher Erkenntnisse für die Erhöhung der Handlungszuverlässigkeit und für die Verbesserung der Ausbildung (vgl. KRATZER 2000). Durch ein Blickmesssystem wird aus der Sicht des Piloten der unmittelbare (Kabinenbereich) und periphere Gesichtskreis als Realsituation (virtuelles Videobild) erfasst, wobei die Augenbewegungen als zusätzliche Information in das Realbild eingeblendet werden. Mit dieser Versuchsanordnung sind verschiedene Komponenten des Blickverhaltens quantitativ erfassbar, die Erkenntnisse über das Aufmerksamkeits-, Reaktions-, Wahrnehmungs- und Orientierungsverhalten von Piloten während des Fluges (Start, Flug und Landung) liefern.

Die zu erwartenden Messergebnisse sollen Aufschluss über die Dauer und Anzahl der Fixationen des Auges und damit über die Größe und Struktur des Informationsfeldes des Piloten geben.

Derartige Untersuchungen wurden nach Kenntnis des Verfassers erstmals im Segelflugsport durchgeführt und haben den Charakter einer Erkundungsuntersuchung.

## **3. Durchführung der Untersuchung**

An den Untersuchungen nahmen 10 Piloten teil, die durchschnittliche Flugerfahrung der Piloten betrug 450 Flugstunden mit ca. 380 Starts. Das Durchschnittsalter der Piloten lag bei 26 Jahren. Es wurden je drei Starts durchgeführt, wobei der F-Schlepp als Startart gewählt wurde. Geflogen wurde mit einem Flugzeug vom Typ DG 505, bereitgestellt von der Fa. DG Flugzeugbau, Karlsruhe. Versuchsbeeinflussende äußere Bedingungen wie z.B. neuer Flugzeugtyp, Tagestemperatur, Luftdruck, Tageszeit sowie der Einfluss innerer Faktoren z.B. ana-

tomische Besonderheiten (Körpergröße), sowie die ungewohnten, zum Teil behindernden Versuchsbedingungen (Blickmeseinrichtung) wurden bei der Interpretation der Ergebnisse nicht mit berücksichtigt.

Jeder Pilot hatte drei Starts zu absolvieren:

1. Start Bekannt machen mit dem Flugzeugtyp;
2. Start Anflug aus ungewohnter Position, Ausklinkhöhe ca. 200 m querab vom Flugplatz
3. Start Seilrissübung in ca. 150 m Höhe (Rückenwindlandung vorgehen)

Ausgewertet wurden aufgrund der großen Datenmenge zunächst folgende Teilbereiche des Fluges:

**Startvorgang:** bis zur zweiten Kursänderung des Schleppzuges innerhalb der geflogenen Platzrunde oder entsprechend der zu fliegenden Übung (Flugdauer ca. 2 min)

**Landeanflug:** von der Position an oder entsprechend der zu fliegenden Übungsvorgabe bis zur Landung (Flugdauer ca. 1,8 min)

#### 4. Zur Strategie des Blickverhaltens (ausgewählte Ergebnisse)

Interessant war, wie der räumlich-zeitliche Verlauf des Blickes der Piloten sich bezüglich der Kontrolltätigkeit, des Orientierungsverhalten zwischen Kabinenbereich und Luftraumbeobachtung sowie der Struktur der Blickbewegung (Blickfixation) darstellen. Die Blickfixation (Fixationszeit) ist die gemessene Zeiteinheit in Millisekunden (ms), mit der ein Bezugspunkt (Objekt, Erscheinung) erfasst wird, die den aktiven, selektiven Prozess der Aufmerksamkeit im Rahmen des Informationsaufnahme Prozesses charakterisiert und als Indikator für die Aufmerksamkeitszuwendung zu verstehen ist (vgl. NEUMAIER 1982).

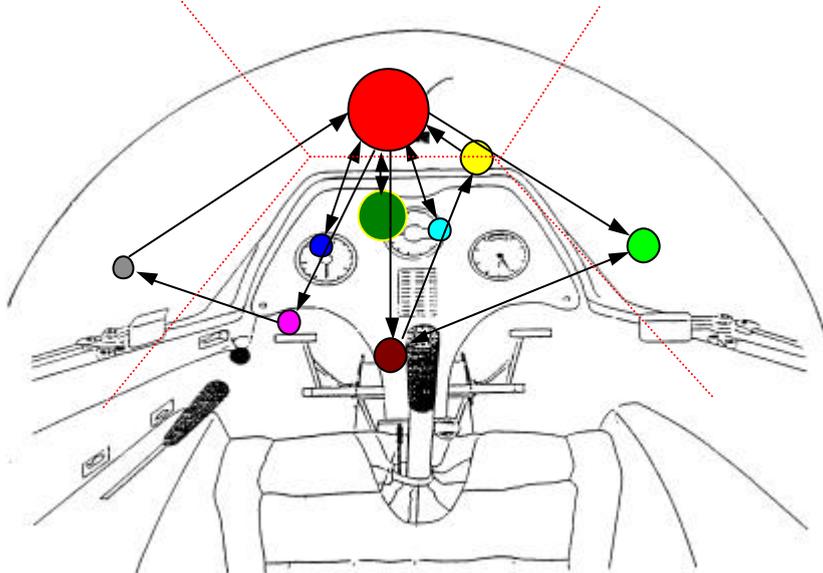
Ausgewertet wurde:

- Dauer der Blickfixationen auf ein Zielobjekt (z.B. Fluggeräte, Lage zum Schleppflugzeug) sowie die Gesamtzeit der Blickfixationen bezogen auf den geflogenen Teilbereich der Flugübung (Start bzw. Landung)
- Fixationsbereiche mit erhöhter Fixationsstruktur, sowie ihrer Gesamtfixationszeit in diesem Beobachtungsraum (Beobachtungsraum wurde in vier Bereiche unterteilt, die eine differenziertere Analyse der Fixationspunkte erlaubt).

Dabei konnte festgestellt werden:

1. Die Kontrolltätigkeit bzw. Fixationsdauer der Piloten, bezogen auf die Zielbereiche (Blicksegmente) Kabineninnenbereich (KB) mit ca. 25% im Verhältnis

zur Luftraumbeobachtung (LB) mit ca. 75%) während der Start- bzw. Landephase, ist als überdurchschnittlich hoch einzuschätzen. In der Startphasen (s. Abb. 1) ist die Fixationsdauer KB mit ca. 23% zu LB mit ca. 77% entsprechend der geflogenen Übung relativ hoch.



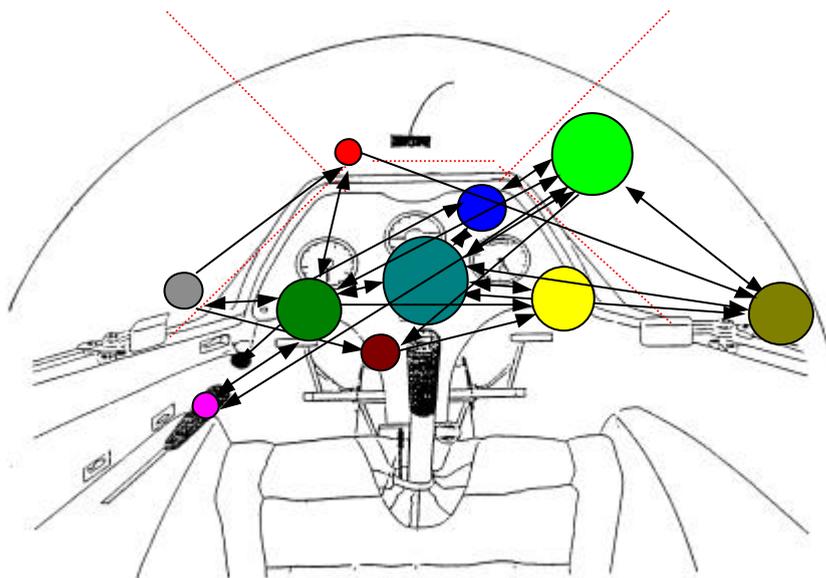
**Abb. 1:** Blickfixationen mit dominanten Blicksegmenten im Startvorgang: links; vorn; rechts; Instrumentenbrett

|                  |                          |            |                 |                            |
|------------------|--------------------------|------------|-----------------|----------------------------|
| Fixationszeiten: | links                    | (1)        | 760 ms          | 1 Fixationen               |
|                  | vorn                     | (2)        | 60920 ms        | 11 Fixationen              |
|                  | rechts                   | (3)        | 940 ms          | 2 Fixationen               |
|                  | <b>Instrumentenbrett</b> | <b>(4)</b> | <b>14980 ms</b> | <b>10 Fixationen (23%)</b> |

**Bemerkung:**

In den Abbildungen werden Fixationsbereiche mit erhöhter Fixationsstruktur unterschiedlich groß gekennzeichnet. ● Weiterhin wurden in den Abbildungen nur die häufigsten Blickfixationenrichtungen in ihren Wechselwirkungen dargestellt. Dominante Blicksegmente (z.B. links, rechts) werden durch unterbrochene Linien in den Abbildungen gekennzeichnet.

- Die Unterschiede der Wahrnehmungsverteilung während des Landeanfluges fallen noch deutlicher aus. Hierbei liegen die Fixationverhältnisse KB mit ca. 45% zu LB mit ca. 55% weit über den erwarteten Messergebnissen (s. Abb. 2).



**Abb. 2:** Blickfixationen mit dominanten Blicksegmenten im Landeanflug: links; vorn; rechts; Instrumentenbrett

|                  |                             |     |                 |                            |
|------------------|-----------------------------|-----|-----------------|----------------------------|
| Fixationszeiten: | links                       | (1) | 3040 ms         | 3 Fixationen               |
|                  | vorn                        | (2) | 3360 ms         | 2 Fixationen               |
|                  | rechts                      | (3) | 69360 ms        | 44 Fixationen              |
|                  | <b>Instrumentenbrett(4)</b> |     | <b>63780 ms</b> | <b>71 Fixationen (45%)</b> |

Diese Ergebnisse werfen eine Reihe von Fragen auf:

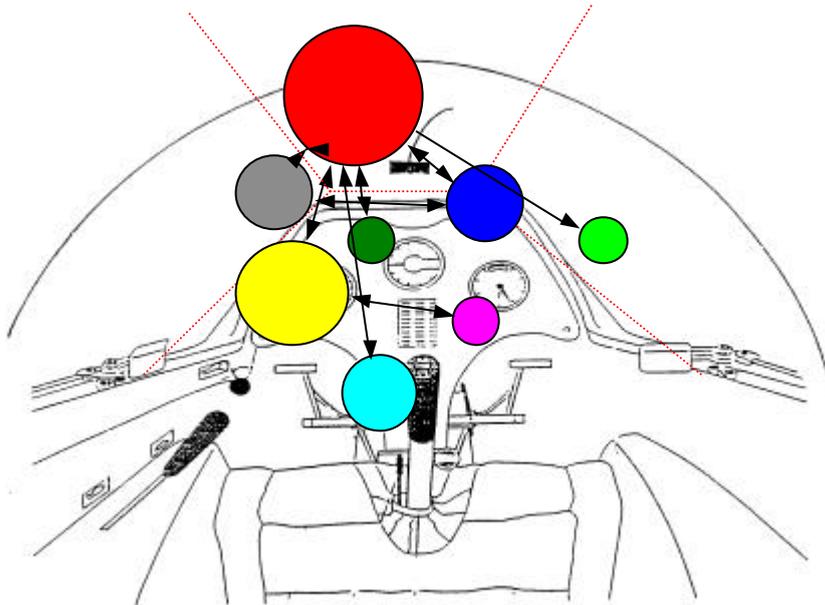
Ist es erforderlich oder zweckmäßig, während des Start- bzw. des Landevorganges (hier vor allem in der Endphase der Landung) alle Fluggeräte einschließlich die Stellung der Landeklappen zu kontrollieren?. Wozu ist dann der Startcheck bzw. Landecheck da? Sollte nicht vom Sicherheitsbewusstsein getrieben die Luftraumbeobachtung im Vordergrund stehen ohne dabei bestimmte Kontrolltätigkeiten zu vernachlässigen?

*Zwischen Piloten unterschiedlicher Qualifikation (Flugzeit und Starts) ergeben sich deutliche Unterschiede im Blickverhalten und Strategie der Blickbewegung. Das spiegelt sich in folgenden Parametern wider:*

Die Erfassung des Informationsgehaltes (Blickfixationsdauer auf ein bestimmtes Objekt oder Zielbereich) und Fixationshäufigkeit (Anzahl der Fixationen pro Zeiteinheit bezogen auf ein bestimmtes Objekt oder Zielbereich) ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. Jüngere Piloten mit geringerer Flugenerfahrung verwenden anscheinend weniger Zeit und Blickfixationen für den gleichen Informationsge-

halt bestimmter Fluginformationsgeräte (z.B. Höhenmesser, Fahrtenmesser) als erfahrenere Piloten.

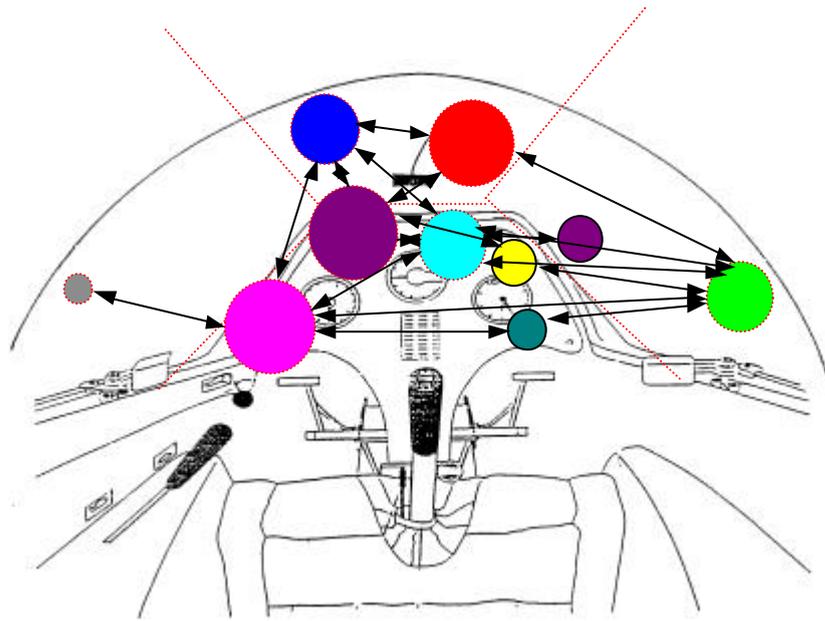
1. Piloten mit weniger Flugerfahrung (ca. 180 Flugstunden) brauchen für die sportartspezifische Anforderung an die Aufmerksamkeit (kognitiver Prozess) im Startvorgang durchschnittlich ca. 27 Fixationen (s. Abb. 3), und für den Landevorgang ca. 59 Fixationen.



**Abb. 3:** Blickfixationen von Piloten mit geringerer Flugerfahrung, bezogen auf dominante Blicksegmente: links; vorn; rechts; Instrumentenbrett

|                  |                             |     |                |                            |
|------------------|-----------------------------|-----|----------------|----------------------------|
| Fixationszeiten: | links                       | (1) | 1440 ms        | 3 Fixationen               |
|                  | vorn                        | (2) | 88760 ms       | 14 Fixationen              |
|                  | rechts                      | (3) | 280 ms         | 1 Fixationen               |
|                  | <b>Instrumentenbrett(4)</b> |     | <b>8380 ms</b> | <b>9 Fixationen (8,5%)</b> |

2. Piloten mit größerer Flugerfahrung (ca. 560 Flugstunden) verwenden für die gleiche Flugübung durchschnittlich ca. 45 Fixationen für den Startvorgang und ca. 48 Fixationen für den Landevorgang (s. Abb.4, z.B. Seilrissübung mit Rückenwindlandung).



**Abb. 4:** Blickfixationen erfahrener Piloten , bezogen auf dominante Blicksegmente: links; vorn, rechts; Instrumentenbrett (Seilrissübung mit Rückenwindlandung)

|                  |                              |     |                 |                            |
|------------------|------------------------------|-----|-----------------|----------------------------|
| Fixationszeiten: | links                        | (1) | 750 ms          | 1 Fixationen               |
|                  | vorn                         | (2) | 28510 ms        | 13 Fixationen              |
|                  | rechts                       | (3) | 6710 ms         | 10 Fixationen              |
|                  | <b>Instrumentenbrett (4)</b> |     | <b>18530 ms</b> | <b>28 Fixationen (34%)</b> |

Die Fixationshäufigkeit (Anzahl der Fixationen pro Zeiteinheit) auf bestimmte Wahrnehmungsbereiche bzw. Objekte ist bei den untersuchten Piloten nahezu gleichmäßig verteilt und beträgt z.B. für die Abtastung des Instrumentenbrettes im Start- bzw. Landevorgang ca. 119 Fixationen mit einer Fixationsdauer von ca. 110 sec.. Dabei ist zu beobachten, dass die Fixationsdauer bei Piloten mit größerer Flugerfahrung um ca. 20 sec. niedriger liegt als bei Piloten mit weniger Flugerfahrung (gemeint ist hier die Fixationsdauer bezogen auf ein Wahrnehmungsbereich, z.B. Instrumentenbrett oder die Blickbewegung aus der Kabine heraus (Blicksegment vorn) in Richtung der Flugzeuglängsachse (z.B. beim Start auf die Lage des Schleppflugzeuges zum Horizont).

**Die Ergebnisse werfen unmittelbar praktische Fragen auf:**

Von welchen Variablen hängt die fliegerische Entscheidungsfindung ab und welche Parameter der fliegerischen Fertigkeit müssen soweit automatisiert (geschult) werden um die notwendigen Informationen aus der internen Sensorik

(z.B. Abschätzen der Flughöhe und Fluggeschwindigkeit) effektiver einzusetzen? Brauche ich, um die Fluglage beim Start richtig einzuschätzen, den Informationsgehalt der normalerweise im Segelflugzeug befindlichen Fluginstrumente? Sind kurze und damit häufigere Blickfixationen (s. Abb.4) für eine eventuell anstehende Entscheidungsfindung im Extremfall (Notsituation) vorteilhafter und damit handlungsentscheidender?

Wie verhalten wir uns in der Ausbildung (gemeint sind die Fluglehrer) bei der ständig voranschreitenden technologischen Hochrüstung unserer Flugzeuge? Müssen wir uns auf eine neue, der Zeit angepassten Ausbildung einstellen und wenn ja, wie sollte sie aussehen? Kann es sein, dass unser theoretisches und praktisches Ausbildungsprogramm im Segelflug, das sich seit vielen Jahren bewährt hat, einer gezielten Überarbeitung bedarf?

## **5. Abschließende Bemerkungen und Schlussfolgerungen**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die durchgeführten Pilotuntersuchungen zum Blickverhalten von Segelflugpiloten wesentliche Aufschlüsse über sportartspezifische Besonderheiten im Segelflugsport lieferten. Durch die Registrierung des Blickverhaltens ist es möglich, sportartspezifische Anforderungen an die Aufmerksamkeit zu erfassen, Zusammenhänge und Wechselwirkungen mit anderen kognitiven Prozessen zu ermitteln bzw. zu messen. Es ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse dazu beitragen werden, vorhandene Ausbildungsprogramme zu qualifizieren

Das eingesetzte Blickmeßsystem, vom Typ Eye Mark Recorder NAC Modell 5, Baujahr 1985, bestehend aus Helm mit Blickmesseinrichtung sowie verschiedener Komponenten zur Aufbereitung und Speicherung der Bilddaten, war für den speziellen Praxiseinsatz zu unhandlich. Die Justierung und Vorbereitung der Messanlage im Flugzeug war zu zeitaufwendig, was unter anderem eine Sofortauswertung des gespeicherten Bildmaterial erschwerte. Piloten die eine Brille trugen konnten nicht untersucht werden. Diese einschränkenden Kriterien können durch den Einsatz eines neuen Gerätesystems weitestgehend minimiert werden. Ein neues Blickmeßsystem ist z.Zt. an der Sportwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig im Einsatz und für weitere Untersuchungen im Flugsport verfügbar.

Die Fortsetzung der Untersuchung entsprechend der bestehenden Konzeption sollte so schnell als möglich erfolgen, um fundiertere Ergebnisse zu erhalten. Durch den Einsatz eines neuen Blickmeßsystems ist es relativ leicht eine Sofortauswertung des Fluges nach der Landung durchzuführen, um eventuelle Zusammenhänge zwischen aktuell-psychischer Verfassung des Piloten und dem Blickbewegungsverhalten herzustellen. Für die Zukunft ergeben sich daraus wesentliche Ansätze für weitere sportpsychologische Fragestellungen in

Zusammenhang mit der Vermittlung und Vervollkommnung der sportlichen Technik und Ausbildung im Segelflug.

Da diese Untersuchungen mit einem relativ hohen Aufwand durchgeführt wurden, sollte an dieser Stelle der Fa. DG Flugzeugbau, für die kostenlose Bereitstellung eines Flugzeuges, den beiden Landesverbänden des Deutschen Aeroclubs (Niedersachsen und Sachsen), Herrn Dr. Rüdiger Trimpop (Universität Jena) sowie der TÜV product service GmbH des TÜV München, für die geleistete Hilfe gedankt werden.

### **Literatur**

**ANDREJEWA, E. A./ VERGILES, N. J./ LOMOW, B. F. (1979):** Der Mechanismus elementarer Augenbewegungen als Folgesystem. - In: LOMOW, B. F./ VERGILES, N. J. (Hrsg.): Motorische Komponenten des Sehens. - Berlin - 11-53

**KRATZER, H. (1993):** Die Erfassung der Handlungszuverlässigkeit. Eine wichtige Voraussetzung für die Ableitung effektiver Sicherheitsunterweisungen und Trainingsmaßnahmen. - In: RÜMMELE, E. (Hrsg.): Kognitive Repräsentationen über Unfälle und Sicherheitsunterweisungen im Sport. - Köln.

**KRATZER, H. (2000):** Die Blickbewegung beim Zielen in den Pistolen-Disziplinen. - In: Leistungssport (3). - Münster.

**NEUMAIER, A. (1982):** Untersuchungen zur Funktion des Blickverhaltens bei visuellen Wahrnehmungsprozessen im Sport. - In: Sportwissenschaft (12). - 81-92

**SCHUBERT, F./ ZEHL, U.-C. (1983):** Funktion und diagnostische Relevanz von Augenbewegungen im Sport. - In: Medizin und Sport (23), 12.

**SPOHD, G. (1997):** Der Faktor Mensch im Flugbetrieb. - In: Flugphysiologie, Bd. 1 und 2. - Fürstenfeldbruck.

### **Verfasser**

**Uwe-Carsten Zehl**, Dipl. Ing., Institut für Sportpsychologie/Sportpädagogik, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

**Hannes Kratzer**, Dr. Dr., Dr. Lauterbach-Klinik Bad Liebenstein